

经骶 1-2 侧块螺钉固定的解剖学研究

尤传飞¹, 袁峰², 葛保健², 陈宏亮², 王立新¹

(1 徐州医学院研究生学院 2009 级骨科专业 221002 徐州市; 2 徐州医学院附属医院骨科 221002 徐州市)

【摘要】目的:研究经骶 1-2 侧块螺钉固定的解剖学特征, 探讨该技术的可行性。**方法:**对 27 例(男 14 例, 女 13 例)骶尾椎 CT 资料进行三维重建, 利用 Advantage Workstation 4.2 后处理工作站软件测量以第 2 骶后孔上缘上方 5mm 为进钉点的经骶 1-2 侧块螺钉(the sacral 1-2 translateral mass screw, STMS)固定的相关解剖学数据, 包括: 外倾角(从进钉点到骶骨翼最前上角的连线在水平面上与骶骨正中线的夹角)、上倾角(从进钉点到骶骨翼最前上角的连线与 S1 椎体上终板在矢状位上的夹角)及钉道长度(从进钉点到骶骨翼最前上角的距离)。对不同性别间及左右侧别间进行统计学分析。在三维图形上观察钉道轨迹, 并根据上述测量数据在 15 例骶骨标本上置入 STMS, 观察螺钉与椎管、骶前后孔及耳状面关系。**结果:**平均外倾角男性为 $30.39^{\circ} \pm 5.01^{\circ}$, 女性为 $35.81^{\circ} \pm 4.45^{\circ}$, 男性左侧为 $31.14^{\circ} \pm 5.25^{\circ}$, 右侧为 $29.64^{\circ} \pm 4.86^{\circ}$; 女性左侧为 $36.46^{\circ} \pm 4.94^{\circ}$, 右侧为 $35.15^{\circ} \pm 4.00^{\circ}$, 性别间的差异有显著性意义($P < 0.05$), 男性及女性的左右侧比较, 差异无显著性意义($P > 0.05$)。平均上倾角男性为 $26.71^{\circ} \pm 16.50^{\circ}$, 女性为 $19.48^{\circ} \pm 9.09^{\circ}$; 左侧为 $23.67^{\circ} \pm 14.81^{\circ}$, 右侧为 $22.22^{\circ} \pm 12.89^{\circ}$; 平均钉道长度男性为 54.48 ± 3.01 mm, 女性为 53.02 ± 2.89 mm; 左侧为 53.99 ± 2.78 mm, 右侧为 53.56 ± 3.28 mm。上倾角及钉道长度在性别及侧别间均无显著性差异($P > 0.05$)。在三维重建图形上观察钉道位于侧块内, 置钉实验中 STMS 均未穿透至椎管、骶前后孔及耳状面。**结论:**在 S1 椎弓根螺钉不能提供有效固定的情况下, 术前行 CT 三维测量以获得进钉参数, 经骶 1-2 侧块螺钉固定技术可以安全的应用于骶骨固定。

【关键词】 骶骨; 侧块; 解剖学; 螺钉内固定

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.07.12

中图分类号: R322.7, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2012)-07-0641-05

Anatomic study of the posterior sacral 1-2 translateral mass screw fixation/YOU Chuanfei, YUAN Feng, Ge Baojian, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(7): 641-644, 650

【Abstract】 Objectives: To investigate the anatomic characteristics and feasibility of the posterior sacral 1-2 translateral mass screw(STMS) fixation. **Methods:** Three-dimensional CT reconstructions of sacrum from 27 cases(14 males and 13 females) were obtained. The Advantage Workstation(AW) 4.2 software was used to process the anatomic data of STMS. The screw entry point located at 5mm above the superior edge of the second sacral foramen. The projection of the screw was determined as from the entry point to the top corner of the sacral ala. The parameters used for statistical analysis included the extraversion angle (the angle between the line from the entry point to the top corner of the sacral ala and the median line crossing sacrum at the horizontal plane), the inclined angle(the angle between the line from the entry point to the top corner of the sacral ala and the line parallel to the upper endplate of S1 vertebra at the sagittal plane) and the length(the distance from the entry point to the top corner of the sacral ala). The channel of STMS was observed on three-dimensional reconstruction. STMS placement was performed on 15 cadavers' sacrum based on the above-mentioned parameters, then the relationships between STMS and the spinal canal, facet, the anterior and posterior sacral foramen were investigated. **Results:** There was significant difference as for the extraversion angle of STMS between males and females($P < 0.05$), the average extraversion angle of STMS was $30.39^{\circ} \pm 5.01^{\circ}$ for males, $31.14^{\circ} \pm 5.25^{\circ}$ and $29.64^{\circ} \pm 4.86^{\circ}$ for left and right side, while $35.81^{\circ} \pm 4.45^{\circ}$ for females, $36.46^{\circ} \pm 4.94^{\circ}$ and $35.15^{\circ} \pm 4.00^{\circ}$ for left and right side. No sex-related or side-related significant difference

第一作者简介: 男(1977-), 副主任医师, 在读硕士, 研究方向: 脊柱外科(现在江苏省泗阳县人民医院骨一科 223700)

电话: (0527)85226007 E-mail: youfei1977@163.com

通讯作者: 袁峰 E-mail: cnyuanfeng@hotmail.com

was noted as for extraversion angle($P>0.05$) as well as inclined angle and the length of STMS. The average inclined angle of STMS was $26.71^{\circ}\pm 16.50^{\circ}$ for males and $19.48^{\circ}\pm 9.09^{\circ}$ for females, and $22.22^{\circ}\pm 12.89^{\circ}$ for the right and $23.67^{\circ}\pm 14.81^{\circ}$ for the left. The average length of STMS was $54.48\pm 3.01\text{mm}$ for males and $53.02\pm 2.89\text{mm}$ for females, and $53.56\pm 3.28\text{mm}$ for right and $53.99\pm 2.78\text{mm}$ for left. The channel of STMS located in the lateral mass on three-dimensional reconstruction completely with no penetration into the spinal canal, facet, and anterior or posterior sacral foramen. **Conclusions:** By obtaining the parameters of screw fixation for STMS in three-dimensional reconstruction of sacrum before having operation, the technique of STMS can be performed safely during the fixation of sacrum, especially when the S1 screw fixation can not be installed effectively.

【Key words】 Sacrum; Lateral mass; Anatomy; Screw fixation

【Author's address】 Orthopedics Major, Grade 2009, Graduate School, Xuzhou Medical College, Jiangsu, 221002, China

骶骨螺钉在治疗下腰椎疾病中发挥了重要作用。骶骨的解剖结构特殊,文献报道的进钉方法较多,最常用的骶骨螺钉置入方法有二种,一种是向前内方向经 S1 椎弓根至骶岬,另一种是向前外方向至骶翼。但若 S1 椎体存在病变或畸形,椎弓根处骨缺损,或骶骨翼过度内聚,造成 S1 椎弓根螺钉置入困难;或者在腰椎重度滑脱或腰骶角过大的患者,勉强置入 S1 螺钉后,安装与 L5 的连接系统时会相当困难。对此有学者建议置入 S2 椎弓根螺钉,但单独使用 S2 椎弓根螺钉的力学稳定性相对较低。这时能否在骶骨上寻找到一种较有效安全的固定方式,作者尝试从第 2 骶后孔上缘上方 5mm 处向骶骨翼方向置入经骶 1-2 侧块螺钉(the sacral 1-2 translateral mass screw, STMS)固定并对此进行解剖学测量和可行性研究。

1 材料与方法

1.1 样本资料

徐州医学院附属医院影像科提供的 27 例骶尾骨 CT 资料。男 14 例,女 13 例;年龄 28~67 岁,平均 45.5 岁。所有资料均排除畸形、肿瘤、结核、感染、骨折、脱位等。

1.2 测量指标及方法

Advantage Workstation 4.2 后处理工作站(AW 4.2 工作站)下对 27 例 CT 扫描数据进行三维重建,利用 AW 4.2 工作站自带测量软件测量以下三组解剖学数据:(1)钉道长度,即从进钉点到骶骨翼最前上角的距离;(2)上倾角,即从进钉点到骶骨翼最前上角的连线与 S1 椎体上终板在矢状位上的夹角;(3)外倾角,即从进钉点到骶骨翼最前上角的连线与骶骨正中线在水平面上的夹

角(图 1~3),并在三维重建图形上观察钉道的位置。

1.3 螺钉置入实验

选择较完整 15 例成人骶骨标本,排除畸形、肿瘤、骨折等情况,根据本研究测量数据应用直径 6.5mm 椎弓根螺钉进行置入实验,共置入 30 枚螺钉,摄 X 线片观察螺钉与椎管、骶前后孔及耳状面关系。

1.4 统计学处理

应用 SPSS 16.0 统计软件对不同性别间及左右侧间测量数据进行独立样本均数 t 检验,若性别间存在统计学差异,再行同一性别下侧别间比较, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

相关指标三维 CT 测量结果见表 1、2。置入 STMS 时,平均外倾角性别间差异有统计学意义($P<0.05$);男性及女性左右侧别间比较差异无统计学意义($P>0.05$);STMS 平均上倾角度及平均钉道长度性别及侧别间差异无统计学意义($P>0.05$);在三维重建图形上观察钉道位于侧块内(图 4、5)。螺钉置入实验共置入 STMS 30 枚,无一例螺钉进入椎管、骶孔及耳状面,X 线片示螺钉位置良好(图 6、7)。

3 讨论

3.1 经骶 1-2 侧块螺钉固定研究的临床意义

近年来许多新的骶骨钉技术被研发并应用于临床^[1,2],虽然生物力学实验证实上述方法能提高螺钉固定强度,但有固定技术复杂,延长手术时间,增加手术并发症等不足,因此简单有效的骶骨

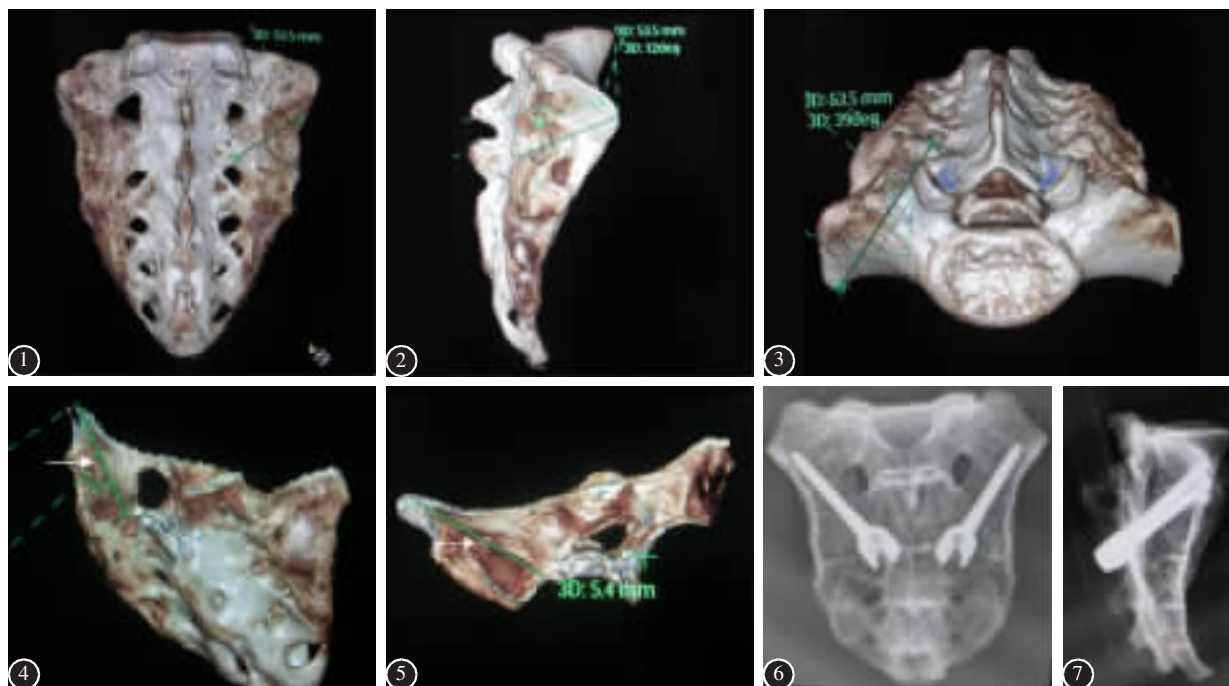


图 1 经骶 1、2 侧块螺钉钉道长度(即从进钉点到骶骨翼最前上角的距离) **图 2** 经骶 1、2 侧块螺钉上倾角度(即从进钉点到骶骨翼最前上角的连线与 S1 椎体上终板在矢状位上的夹角) **图 3** 经骶 1、2 侧块螺钉外倾角度(即从进钉点到骶骨翼最前上角的连线与骶骨正中中线在水平面上的夹角) **图 4、5** 在三维图形上观测经骶 1、2 侧块螺钉钉道位于侧块内(白色箭头所示) **图 6、7** 骶骨标本正侧位 X 线片示经骶 1、2 侧块螺钉位于侧块内

Figure 1 The length of sacral 1-2 translateral mass screw(STMS, the distance from the entry point to the top corner of the sacral ala) **Figure 2** The inclined angle of STMS(The angle between the line from the entry point to the top corner of the sacral ala and the line parallel to the upper endplate of S1 vertebrae at the sagittal plane) **Figure 3** The extraversion angle of STMS (The angle between the line from the entry point to the top corner of the sacral ala and the median line of the sacrum at the horizontal plane) **Figure 4, 5** The path of STMS limited in the lateral mass on the images of three-dimensional reconstruction of sacrum **Figure 6, 7** The STMS limited in the lateral mass on the anteroposterior and lateral X-ray of sacral specimen

表 1 STMS 长度、上倾角、外倾角性别间比较

Table 1 The comparison of the length, inclined angle and extraversion angle between male and female

	男 Male	女 Female
长度(mm) The length	54.48±3.01	53.02±2.89 ^①
上倾角(°) The inclined angle	26.71±16.50	19.48±9.09 ^①
外倾角(°) The extraversion angle	30.39±5.01	35.81±4.45 ^②

注:与男性比较^① $P>0.05$; ^② $P<0.05$

Note: Compared with male, ^① $P>0.05$; ^② $P<0.05$

表 2 STMS 长度、上倾角、外倾角侧别间比较

Table 2 The comparison of the length, inclined angle and extraversion angle between left and right

	左 Left	右 Right
长度(mm) The length	53.99±2.78	53.56±3.28 ^①
上倾角(°) The inclined angle	23.67±14.81	22.22±12.89 ^①
外倾角(°) The extraversion angle	男(Male) 31.14±5.25 女(Female) 36.46±4.94	29.64±4.86 ^① 35.15±4.00 ^①

注:与左侧比较^① $P>0.05$

Note: Compared with Left, $P>0.05$

固定仍是首选。在临床上 S1 椎弓根螺钉被广泛使用, 在一些特殊情况下 S1 椎弓根螺钉不能使用时, 侧块作为骶骨两侧最宽大的骨性结构, 为寻求一种安全、有效的固定方式提供了解剖基础。李孟军^[3]等将横突末端与骶髂关节面接触融合区(含

骶骨翼)称为侧块, 孙贺^[4]等认为侧块作为骶前孔的外侧部是由肋成份与后面的横突融合而成。以往的研究往往将侧块概念局限于某一骶椎中, 而忽视了骶骨侧块这一结构的整体性, 因而限制了这一区域内固定螺钉的使用, 影响了固定的效果。

在本研究中将骶骨椎间孔外侧和骶髂关节之间的区域看作一个整体,为内固定螺钉提供更大的固定空间。

3.2 经骶 1-2 侧块螺钉固定的可行性

Esenkaya 等^[5]测量在 S1 后孔水平,侧块后方的平均宽度为 24.3mm(15~33mm);在 S1 前孔水平,侧块前方平均宽度约为 29.0mm(22~38mm),据此认为术前对骶骨侧块进行 CT 测量,置入螺钉时对神经及周围组织操作的可能性不大。Mirkovic^[6]以 S1 后孔下缘和 S2 后孔上缘间的上 1/3 区域为进钉点,与上终板平行垂直向前进钉。孙贺^[4]等认为 S2 背侧有内外两个区域适合进钉,即内侧区和外侧区,其中内侧区适合向前外侧进钉。以上的研究说明骶骨侧块上有足够的空间放置内固定,但以上置钉方法给出的都是进钉的范围,这给临床应用带来困难。本研究提出一个明确的进钉点即第 2 骶后孔上缘上方 5mm 处。此进钉点位于孙贺提出的内侧区中间带约中下 1/3 处,解剖标志明显,易于辨认和暴露。选择直径 6.5mm 的螺钉若操作得当不会对骶前、后孔及骶管造成损伤。本研究三维图像显示钉道全部位于侧块内,对骶前、后孔、椎管及耳状面无侵扰。螺钉置入实验共置入 STMS 30 枚,无一例螺钉进入椎管、骶孔及耳状面,X 线片示螺钉位置良好。

3.3 经骶 1-2 侧块螺钉与其他骶骨螺钉的比较

S1 椎弓根螺钉通常是首选的固定方式,在 S1 椎弓根螺钉无法施行时以往通常会选择 S1 前外侧骶骨翼螺钉或者 S2 骶骨翼螺钉固定。S2 骶骨翼螺钉的固定强度明显低于相应的 S1 椎弓根螺钉。Von^[7]等测量直径 6mm 骶骨螺钉行 S2 椎弓根固定时,双皮质固定的最大拔出力为 537.02N,单皮质固定时的最大拔出力为 297.71N,明显低于相应的 S1 前内、前外螺钉固定强度。Zindrick 等^[8]测量 S2 椎弓根固定螺钉的最大拔出力仅为 185N 也远低于 S1 其他固定方式。同 S1 椎体相比,S2 椎体的矢径、横径、高度,侧块的高度、宽度均小于 S1,这样 S2 螺钉的直径和长度就小于 S1 螺钉,从而影响了 S2 螺钉的稳定性和临床应用。王奇^[9]等测量 S1 侧块螺钉钉道长度 $41.47\pm 6.18\text{mm}$,S2 侧块螺钉钉道长度 $34.69\pm 5.13\text{mm}$ 。螺钉长度不同在骨内所受的弯曲力矩亦不相同,螺钉进入骨内足够深度,不但可以获得与骨组织的牢固结合,而且可以有效的“把持”整个椎体。研究发现椎弓根在

腰椎椎体内 5mm 的长度差异就可产生螺钉固定效果的差异。本组资料测量 STMS 平均长度 $53.78\pm 3.02\text{mm}$ 明显高于以往文献报道的 S1 与 S2 侧块钉道长度。因此推测 STMS 能够提供比 S1 侧块螺钉、S2 侧块螺钉更佳的固定效果,力学上的优越性尚有待进一步的实验证实。另外 STMS 进钉点相对于 S1 与 S2 侧块螺钉进钉点偏向内侧,无髂骨翼的阻挡,解剖标志明显,易于寻找,无需过多向外侧剥离,暴露方便;且向外侧进钉无进入椎管之虞。

与 S1 椎弓根螺钉相比,STMS 不足之处在于钉道位于骨密度相对较低的骶骨侧块内,影响其固定的强度。以往的研究表明骶骨翼的骨密度低于骶骨椎体,相应的固定强度也低于骶骨椎弓根固定。Zheng 等^[10]测量结果显示 S1 椎体的骨密度为 $381.9\pm 59\text{mg/cm}^3$ 比骶骨翼($296.9\pm 86\text{mg/cm}^3$)高 31.9%,两者有显著性差异。Okuyama 等^[11]的研究表明骨密度每下降 10mg/cm^3 ,其拔出力减少 60N。另外,STMS 成角固定,棒连接后力臂较长,与其他螺钉的顺应性低,也可能影响固定效果。

3.4 经骶 1-2 侧块螺钉固定的注意点

本研究中 STMS 平均外倾角度:男性为 $30.39^\circ\pm 5.01^\circ$,女性为 $35.81^\circ\pm 4.45^\circ$,存在显著性差异,可能与女性有一对宽大的骶骨翼有关。因此实际应用中应注意性别间的差异;从本组数据中可以看出,上倾角的数值因个体之间差异,变化范围较大,建议术前行 CT 三维测量以获得进钉参数,作为术中的参照,术中 C 型臂 X 线机监视,以增加手术的精确性;虽然双皮质固定强度高于单皮质,但因骶前有许多重要的血管神经脏器,穿透前皮质时应保持警惕^[12]。所以本研究中 STMS 采用单皮质固定,以提高手术的安全性。另外,在实验中发现部分标本可能因棘突阻挡向外进钉,实际操作时可以适当去除部分棘突骨质。

综上所述,本研究旨在探讨 STMS 固定技术的可行性,对其置钉参数进行了三维测量,并在大体标本上进行了置钉实验。在 S1 椎弓根螺钉不能提供有效固定的情况下,通过术前行 CT 三维测量获得进钉参数,STMS 固定技术可以安全地应用于骶骨侧块上。关于其生物力学特性,有待于进一步的研究。

(下转第 650 页)

7. O'Connell GD, Johannessen W, Vresilovic EJ, et al. Human internal disc strains in axial compression measured noninvasively using magnetic resonance imaging [J]. Spine, 2007, 32(25): 2860–2868.
 8. Chagnon A, Aubin CE, Villemure I. Biomechanical influence of disk properties on the load transfer of healthy and degenerated disks using a poroelastic finite element model [J]. J Biomech Eng, 2010, 132(11): 111006.
 9. Louman-Gardiner KM, Coombe D, Hunter CJ. Computation models simulating notochordal cell extinction during early ageing of an intervertebral disc[J]. Comput Methods Biomech Biomed Engin, 2011, 14(12): 1071–1077.
 10. Guehring T, Nerlich A, Kroeber M, et al. Sensitivity of notochordal disc cells to mechanical loading: an experimental animal study[J]. Eur Spine J, 2010, 19(1): 113–121.
 11. Sowa GA, Coelho JP, Bell KM, et al. Alterations in gene expression in response to compression of nucleus pulposus cells[J]. Spine J, 2011, 11(1): 36–43.
 12. Gruber H, Norris R, Kern M, et al. Periostin is expressed by cells of the human and sand rat intervertebral discs [J]. Biotech Histochem, 2011, 86(3): 199–206.
 13. Gilbert HT, Hoyland JA, Millward-Sadler SJ. The response of human annulus fibrosus cells to cyclic tensile strain is frequency-dependent and altered with disc degeneration [J]. Arthritis Rheum, 2010, 62(11): 3385–3394.
 14. Wang DL, Jiang SD, Dai LY. Biologic response of the intervertebral disc to static and dynamic compression in vitro [J]. Spine, 2007, 32(23): 2521–2528.
 15. Wuertz K, Godburn K, MacLean JJ, et al. In vivo remodeling of intervertebral discs in response to short- and long-term dynamic compression[J]. J Orthop Res, 2009, 27(9): 1235–1242.
 16. Adams MA, Dolan P, McNally DS. The internal mechanical functioning of intervertebral discs and articular cartilage, and its relevance to matrix biology[J]. Matrix Biol, 2009, 28(7): 384–389.
 17. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, et al. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life[J]. Spine, 1999, 24(8): 755–762.
 18. Owan I, Burr DB, Turner CH, et al. Mechanotransduction in bone: osteoblasts are more responsive to fluid forces than mechanical strain[J]. Am Physiol Soc, 1997, 273(3 Pt 1): c810–c815.
- (收稿日期: 2011-07-20 修回日期: 2012-02-03)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 彭向峰)

(上接第 644 页)

4 参考文献

1. 刘景臣, 李野, 武云涛, 等. 骶 2 椎弓根螺钉固定在腰骶部稳定性重建中的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(5): 404–407.
 2. Yu BS, Zhuang XM, Zheng ZM, et al. Biomechanical comparison of 4 fixation techniques of sacral pedicle screw in osteoporotic condition[J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(6): 404–409.
 3. 李孟军, 戴国强, 占新华, 等. 骶骨椎弓根及侧块的应用解剖研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(10): 864–867.
 4. 孙贺, 徐达传, 仇恒志, 等. 经后路第 2 椎椎螺钉进钉方法的应用解剖[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(3): 181–183.
 5. Esenkaya I, Aluclu MA, Kavakli A, et al. Radiologic and morphologic evaluation of the lateral sacral mass[J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2003, 37(4): 330–339.
 6. Mirkovic S, Abitbol JJ, Steinman J, et al. Anatomic consideration for sacral screw placement[J]. Spine, 1991, 16(6 suppl): 289–294.
 7. Von Stempel A, Trenkmann S, Kirsch I, et al. The stability of bone screws in the os sacrum[J]. Eur Spine J, 1998, 7(4): 313–320.
 8. Zindrick MR, Wiltse LL, Widell EH, et al. A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine[J]. Clin Orthop, 1986, 203: 99–112.
 9. 王奇, 黄其杉, 王向阳, 等. 骶骨后路钉板固定的解剖学研究[J]. 中华骨科杂志, 2010, 30(3): 277–281.
 10. Zheng Y, Lu WW, Zhu Q, et al. Variation in bone mineral density of the sacrum in young adults and its significance for sacral fixation[J]. Spine, 2000, 25(3): 353–357.
 11. Okuyama K, Sato K, Abe E, et al. Stability of transpedicle screwing for the osteoporotic spine: an in vitro study of the mechanical stability[J]. Spine, 1993, 18(0): 2240–2245.
 12. Ergur I, Akcali O, Kiray A, et al. Neurovascular risks of sacral screws with bicortical purchase: an anatomical study[J]. Eur Spine J, 2007, 16(9): 1519–1523.
- (收稿日期: 2011-11-28 修回日期: 2012-05-08)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 彭向峰)